

# Protokoll: Neodym-dotierter YAG-Laser

Philipp Hacker

5. Dezember 2014

Betreuer: U. Martens

Versuchsdatum: 25.11.2014

Note:

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>3</b>
2.1	Festkörper-Laser . . . . .	3
2.2	Dioden-Laser . . . . .	3
2.3	Optisches Pumpen . . . . .	4
2.4	Emission und Besetzungsinversion . . . . .	4
2.5	Der Nd:YAG-Laser . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Auswertung</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Quellen</b>	<b>4</b>

# 1 Einleitung

1964 wurde in den Bell Laboratories (New Jersey, USA) von *L. Van Uitert* und *J. E. Geusic* ein Festkörper-Laser auf Grundlage eines Neodym-dotierten Yttrium-Aluminium-Granat-Kristalls entwickelt. Dieser hatte den Vorteil, dass er bei relativen hohen Ausgangsleistungen von einigen hundert MW im gepulsten Betrieb einen Laserstrahl mit einer geringen Wellenlänge (hauptsächlich 1064 nm) aussendet. Der Nd:YAG kann sowohl mit Lichtquellen kontinuierlicher Spektren oder einer Laser-Diode angeregt werden. Diese haben, bei einer Pump-Wellenlänge von 808 nm, einen Wirkungsgrad von  $\sim 0,7$ . Die Effizienz des Lasers steigert sich dadurch auf bis zu 50%.

Aufgrund der vielen Möglichkeiten, Halbleiterstrukturen zu verändern, kann man die Anregung nur eines Übergangs innerhalb der zum Pumpen genutzten Diode realisieren. Bei geeigneter Stabilisierung der Parameter Temperatur und Pumpstrom lässt sich somit eine äußerst geringe Frequenzbandbreite des Lasers einstellen.

In diesem Versuch soll sich auf die Untersuchung der Eigenschaften des Laser-Mediums Nd:YAG und der Leistung in Abhängigkeit der Erregung und des Aufbaus konzentriert werden.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Festkörper-Laser

Diese Laser (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*), welche aus kristallinen oder amorphen Festkörpern bestehen, können die höchsten Ausgangsleistungen bei den geringsten Impulslängen aller Laser erreichen. Grundsätzlich besteht das Laser-Medium aus einem Kristall (Träger-Medium; hier: YAG), welcher wiederum mit einer bestimmten Dotierung versehen ist (aktives Medium; hier: Neodym), die unter der Pump-Strahlung aktiviert wird. Der entspiegelte Festkörper befindet sich zwischen einem absolut reflektierenden (Reflexionskoeffizient  $R = 1$ ) und teildurchlässigen ( $R < 1$ , Transmissionskoeffizient  $T > 0$ ) Spiegel, dem sogenannten Resonator. Zusätzlich können hier noch andere optische Bauteile wie z.Bsp. Filter eingebaut werden.

Die Ausgangspunkte der Übergänge in den Ionen der Dotierung sind nur d- bzw. f-Orbitale. Da diese keine gemeinsamen Elektronen-Wellenfunktion mit dem umgebenden Kristall haben, d.h. nicht an der Bindung beteiligt sind, können die Eigenschaften des Träger-Mediums in Hinblick auf das Verhalten des Lasers vernachlässigt werden.

Identifiziert man die Energie des Niveaus, welches angeregt werden soll, über die Planck-Konstante mit einer Frequenz  $f$  bzw. Wellenlänge  $\lambda$ , so kann man die nötige Pumplichtfrequenz/-wellenlänge aus der Differenz der Energien von angehobenem und relaxiertem Zustand erhalten. Überlegt man nun, wie die Besetzungsdichten der Zustände sich unter dem Pumpprozess verhalten, so erkennt man schnell, dass das nicht-angeregte Energieniveau an Teilchen unweigerlich verarmen wird. Dies kann nur unter steter Energiezufuhr erzwungen werden, da es dem Streben nach maximaler Entropie eines Systems widerspricht (Besetzungsinversion, siehe 2.4).

Festkörper-Laser können auf 2 Arten betrieben werden: kontinuierlich – Pumplicht und Laser-Licht werden ohne vorgegebene Periode emittiert – und gepulst – einerseits kann das Pumpen durch getaktete Lichtimpulse erfolgen und andererseits der Resonator des Lasers verändert werden.

### 2.2 Dioden-Laser

Am Übergang eines p-dotierten zu einem n-dotierten Halbleiterbauelement kommt es zur Rekombination von positiv geladenen „Löchern“ und Elektronen unter Einwirkung eines äußeren elektrischen Feldes. Aufgrund der Energiedifferenzen in den Bändern (Überlapp der Wellenfunktion aller Teilchen) der beiden Halbleiterschichten kommt es zur Emission von Photonen. Durch das Anlegen einer äußeren Spannung an die aktive pn-Zone fließen Ladungsträger aus dem n-dotierten in den p-dotierte Halbleiter. Wird der Strom groß genug, d.h. größer als der für den Dioden-Laser charakteristischen Schwellenstrom  $I_{th}$ , so stellt sich eine Besetzungsinversion (siehe 2.4) zwischen den beiden Schichten ein.

Laserdioden unterscheiden sich somit von herkömmlichen Lasern: nur ein einziges Energieniveau wird angeregt, die Teilchen, welche dieses besetzen, sind unabhängig voneinander und die Ausgangsleistung. Da die Besetzung der Bänder dem thermodynamischen Gleichgewicht nach *Fermi-Dirac* folgt, ist die Lichtwellenlänge der Laserdiode keine scharf definierte, sondern entspricht einer Distribution von Energien der am Übergang zwischen den Schichten

beteiligten Teilchen. Außerdem ist bei Laserdioden zu beachten, dass der Resonator durch die reflektieren/transmittierenden Eigenschaften der zum Einsatz kommenden Halbleiter gegeben ist. Er hat in etwa die Dimension der Wellenlänge des Laserdioden-Lichts.

## **2.3 Optisches Pumpen**

## **2.4 Emission und Besetzungsinversion**

## **2.5 Der Nd:YAG-Laser**

# **3 Auswertung**

# **4 Quellen**

- <http://de.wikipedia.org/wiki/Festk%C3%B6rperlaser>